

**ZUR MORPHOLOGIE DES LIGAMENTUM
CORACOACROMIALE**

ROBERT SOLYOMVARI

1986

Aus dem Anatomischen Institut der Universität München

Vorstand: Prof. Dr. med. H. Frick

ZUR MORPHOLOGIE DES LIGAMENTUM
CORACOACROMIALE

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
ROBERT SOLYOMVARI

aus
München

1986

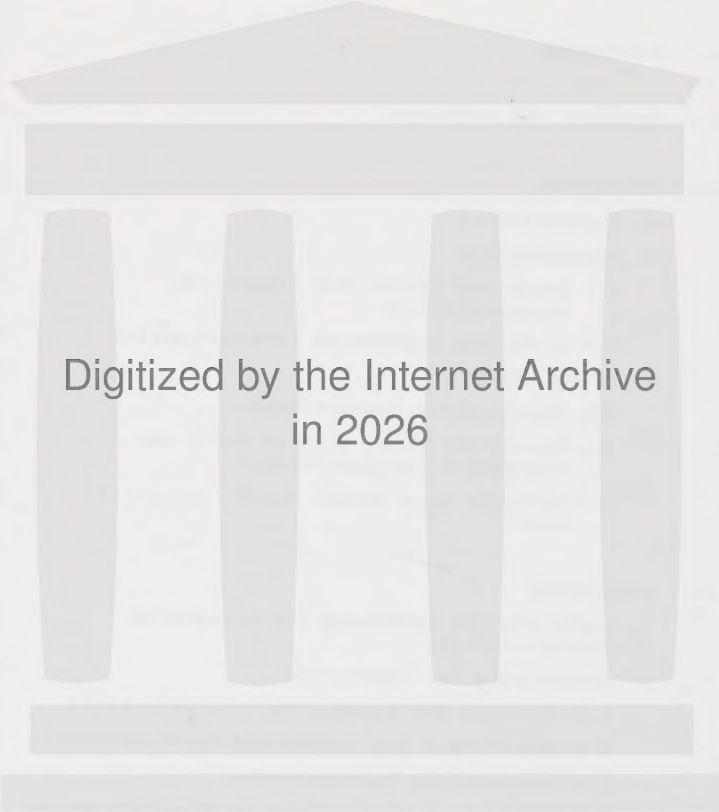
Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter :	Prof. Dr. med. H. Frick
Mitberichterstatter :	Prof. Dr. med. W. Lange
Mitbetreuung durch den promovierten Mitarbeiter :	Dr. med. S. Deiler
Dekan :	Prof. Dr. med. W. Spann
Tag der mündlichen Prüfung :	29.01.1987

Meiner Mutter und meiner Frau
mit herzlichem Dank gewidmet.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. EINLEITUNG	1
II. MATERIAL UND METHODIK	3
III. ERGEBNISSE	8
1. Formvarianten	8
2. Meßergebnisse	15
2.1 Länge und Breite des Ligamentum coracoacromiale	15
2.2 Dicke des Ligamentum coracoacromiale	15
3. Nebenfunde	19
3.1 Degenerative Veränderungen	19
3.2 Durchtritt einer Arterie durch das Ligamentum coracoacromiale	21
3.3 Variante beim Ansatz des M. pectoralis minor	23
IV. DISKUSSION	
1. Vorkommen und Bedeutung des Ligamentum coracoacromiale	24
2. Besprechung der Ergebnisse	26
2.1 Anatomie des Ligamentum coracoacromiale	26
2.2 Abmessungen des Ligamentum coracoacromiale	28
2.3 Degenerative Veränderungen	32
2.4 Gefäß durch das Ligamentum coracoacromiale	33
2.5 Variante beim Ansatz des M. pectoralis minor	33
V. ZUSAMMENFASSUNG	34
VI. LITERATURVERZEICHNIS	35



Digitized by the Internet Archive
in 2026

I. EINLEITUNG

Der Begriff "Periarthritis humeroscapularis" wurde im Jahre 1892 von DUPLAY geprägt und stand ursprünglich für eine posttraumatische Schultersteife (COTTA, 1982). Heute werden unter diesem Sammelbegriff sämtliche Schmerzzustände der Schulter zusammengefaßt, die durch degenerativ-regressive Veränderungen entstehen. Man bezeichnet dieses Krankheitsbild deswegen eher mit dem Synonym "Periarthropathia humeroscapularis" (BAUMGARTNER et al., 1986; KRÄMER, SEIBEL, 1983).

Eine häufige Erkrankung, die in diesen Symptomkomplex fällt, ist das sogenannte "shoulder impingement syndrome", bei dem es zu einer Einklemmung ("impingement") der Sehne des M. supraspinatus unter dem Acromion und dem Ligamentum coracoacromiale kommt (GHOL B. HA'ERI et al. 1982). Daraus resultieren degenerative Veränderungen im subacromialen Raum, die zu Schmerzen, Funktionseinschränkungen und letztendlich zur Ruptur der Rotatorenmanschette führen können.

Nach operativer Durchtrennung des Ligamentum coracoacromiale ist über eine Besserung bzw. das Verschwinden der Beschwerden berichtet worden (GHOL B. HA'ERI et al., 1982; NEER, 1972; KRÄMER, SEIBEL, 1983). Durch die chirurgische Therapie hat sich die Frage nach der funktionellen Bedeutung des Ligamentum coracoacromiale gestellt. Diese wurde in mehreren Arbeiten (PUTZ et al., 1985; WASMER et al., 1985) untersucht, aber eine einheitliche Antwort steht noch aus. Im Rahmen dieser Untersuchungen ist auch das Interesse für die genaue Anatomie des Bandes gewachsen. Man hofft aus der Kenntnis der Fasertextur Rückschlüsse auf die Funktion ziehen zu können.

Die Aufgabe dieser Arbeit ist es, die Anatomie und Morphologie des Ligamentum coracoacromiale aufzuzeichnen. Die Variationen der Bandstruktur, die Abmessungen des Bandes und die angetroffenen Nebenfunde werden beschrieben.

II. MATERIAL UND METHODIK

In der Anatomischen Anstalt der Ludwig-Maximilians-Universität München wurde bei 63 Leichen das Ligamentum coracoacromiale untersucht. Nach entsprechender Darstellung wurde das Schulterblatt von der Incisura scapulae ausgehend in kaudaler Richtung durchtrennt und das Präparat bestehend aus Acromion, Gelenkpfanne, Ligamentum coracoacromiale (Lc) und Processus coracoideus (Pc) entnommen (siehe Abbildung 1 und 2).

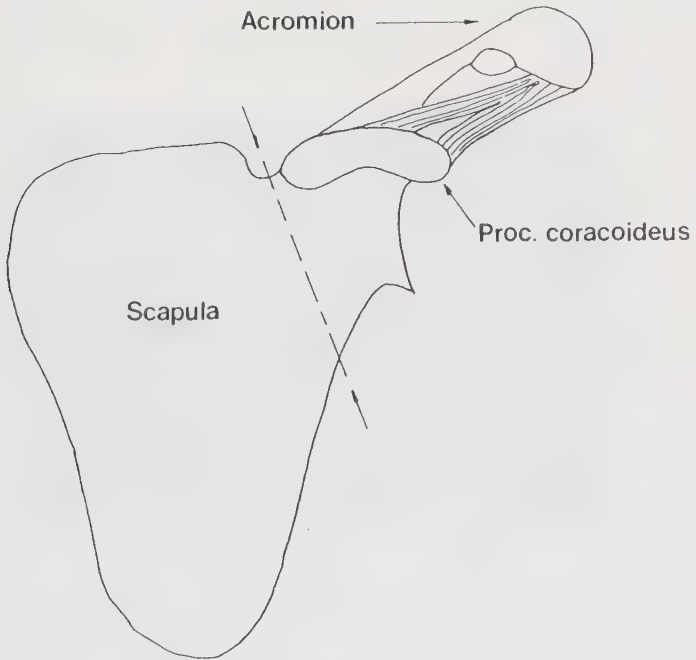


Abbildung 1: Abtrennung des Präparates von der Scapula. Ansicht von ventral.

Die Faserschicht des Bandes wurde durch Entfernung des anliegenden Fettgewebes und der Fascie freigelegt. Jetzt wurde eine Skizze angefertigt, die den Verlauf der Fasern und die Bandstruktur festhielt. Dann wurden die Länge, Breite und Dicke des Ligamentum coracoacromiale, die Länge des Processus coracoideus und die Entfernung eines häufig durch das Band tretenden Gefäßes von der Spitze des Processus coracoideus gemessen (siehe Abbildung 3a, 3b). Als Meßinstrument diente eine Schublehre mit Genauigkeit auf 0,1 mm.

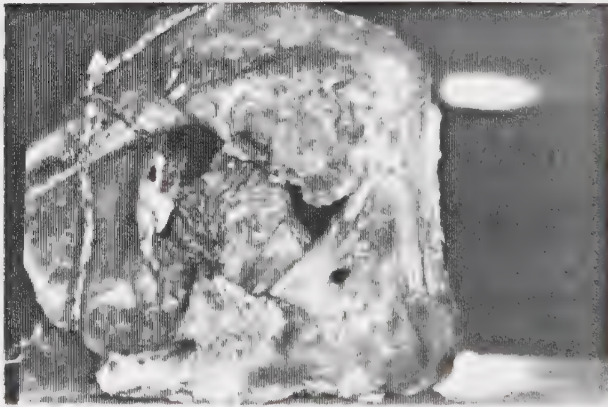


Abbildung 2: Das entnommene Präparat. Ansicht von oben.

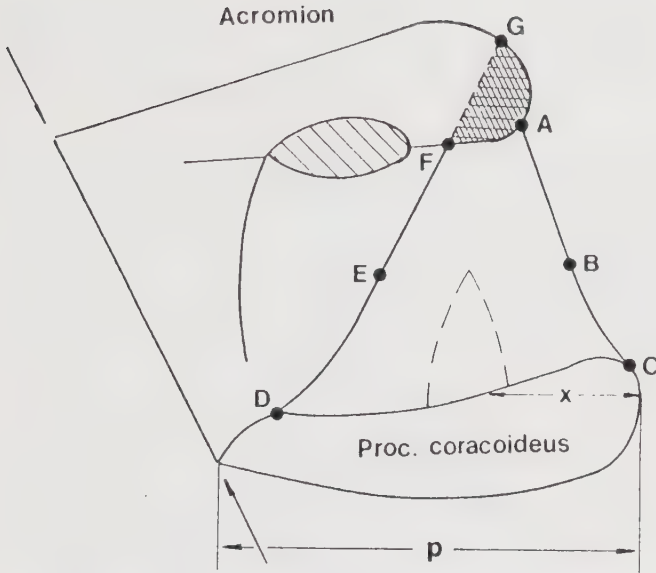


Abbildung 3a: Meßpunkte am entnommenen Präparat

- Punkt A die laterale Seite des Ligamentum coracoacromiale (Lc) erreicht die ventrale Kante des Acromions
 Punkt B Mitte der lateralen Seite des Lc
 Punkt C Ursprungsstelle der lateralen Seite des Lc am Processus coracoideus (Pc)
 Punkt D Ursprungsstelle der medialen Seite des Lc am Pc
 Punkt E Mitte der medialen Seite des Lc
 Punkt F die mediale Seite des Lc erreicht die ventrale Kante des Acromions
 Punkt G am weitesten dorsal liegende Ansatzstelle des Lc an der Unterseite des Acromions

An den Punkten A B C D E F wurde die Bandstärke bestimmt.
 Die Länge der Strecken AC DF CD FA GC wurde gemessen.

Strecke p Länge des Pc

Strecke x Entfernung eines durch das Band tretenden Gefäßes von der lateralen Spitze des Pc



Ansatzfläche an der Unterseite des Acromions



Facies articularis acromii

Als letztes habe ich das Präparat auf zusätzliche Veränderungen und Besonderheiten untersucht, und diese, soweit vorhanden, auf dem Erhebungsbogen festgehalten.

Von den untersuchten Individuen waren 26 männlich (41 %) und 37 weiblich (59 %). 57 Präparate stammten von der linken, sechs von der rechten Körperseite, unter ihnen waren vier Paare, d.h. rechte und linke Schulter derselben Leiche. Das Durchschnittsalter betrug 74 ± 11 Jahre von Minimum 49 bis Maximum 93 (Altersverteilung siehe Abbildung 3).

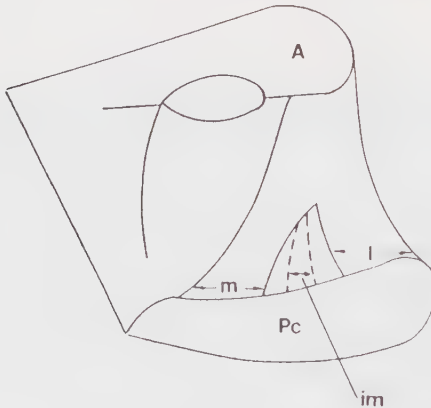


Abbildung 3b: Bestimmung der Breite von Bandanteilen

Strecke l Breite der Pars lateralis beim Pc
 Strecke m Breite der Pars medialis beim Pc
 Strecke im Breite der Pars intermedia beim Pc
 A Acromion
 Pc Processus coracoideus

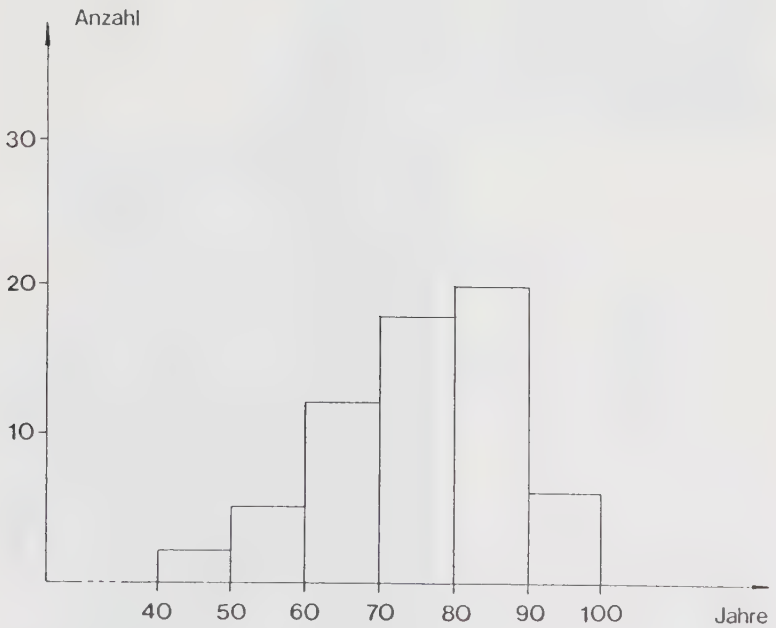


Abbildung 4: Verteilung der Präparate nach Lebensalter der Individuen.

III. ERGEBNISSE

1. Formvarianten

Das Ligamentum coracoacromiale ist ein derbes, dreieckiges Band, das breit an der kranialen Fläche des Processus coracoideus entspringt. Von dort aus zieht es spitzwinklig zusammenlaufend in dorso-lateraler Richtung zum Acromion, an dessen Unterseite sich die Ansatzzone befindet (siehe Abbildung 5 und 6).

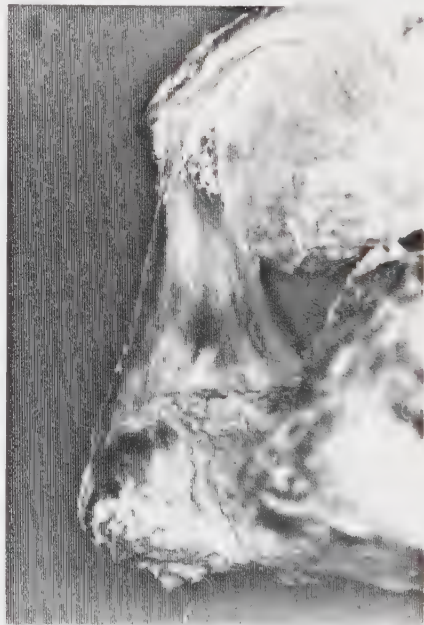
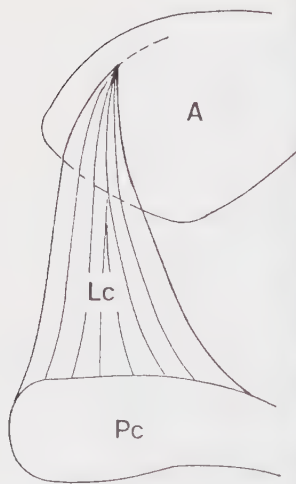


Abbildung 5: Ansatzbereich des Lc an der Unterseite des Acromions. Ansicht von kaudal.

A = Acromion

Lc = Ligamentum coracoacromiale

Pc = Processus coracoideus

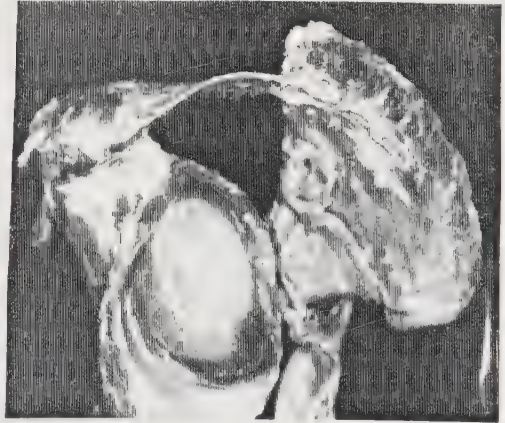
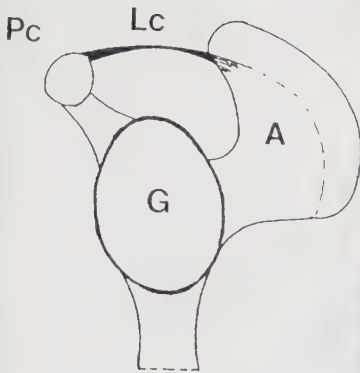


Abbildung 6: Präparat von lateral betrachtet.

A = Acromion

G = Gelenkpfanne

Lc = Ligamentum coracoacromiale

Pc = Processus coracoideus

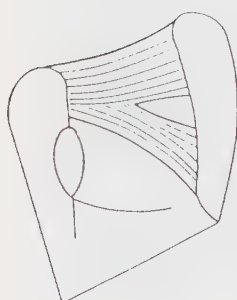
Bei den 63 untersuchten Präparaten konnte man fünf verschiedene Typen der Bandstruktur erkennen (s. Abbildung 7).

1.1 Typ I

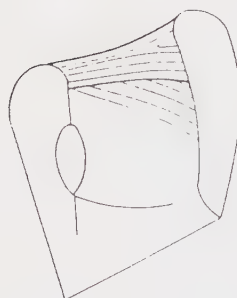
Zum Typ I gehörten 3 Exemplare (5 %). Hier war das Band schmal im Verhältnis zu den anderen Varianten. Die laterale und die mediale Seite waren fast parallel, nur im Basisbereich am Processus coracoideus vergrößerte sich der von beiden Seiten gebildete Winkel, so daß die Dreiecksform auch hier angedeutet wurde.

1.2 Typ II

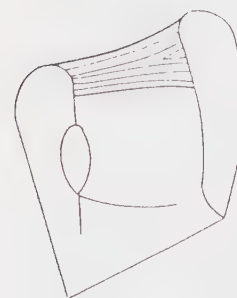
Der Typ II war bei acht Fällen (13 %) zu finden. Diese hatten einen dem Typ I ähnlichen lateralen Zug mit einem faszienartigen, schwachen medialen Teil, in dem nur vereinzelt dünne Faserbündel verliefen.



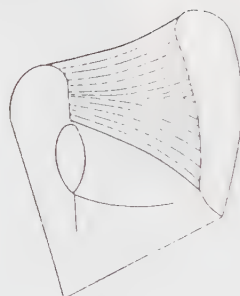
TYP III 54%



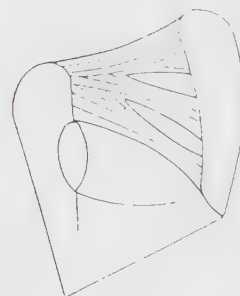
TYP II 13%



TYP I 5%



TYP V 11%



TYP IV 16%

Abbildung 7: Die fünf Formvarianten und ihre Häufigkeit im Untersuchungsgut mit Prozentangabe

1.3 Typ III

Der Typ III war mit 34 Präparaten (54 %) die häufigste Variante. Hier wurde eine eindeutige Aufteilung in einen lateralen sowie einen medialen Teil gefunden. In der Lücke zwischen diesen beiden war eine faszienähnliche, dünne Membran ausgespannt. Diese ebenfalls dreieckförmige Aussparung verlieh dem Band eine angedeutete V-Form. Obwohl beide Teile eine voll ausgebildete ligamentäre Struktur aufwiesen, war die Pars lateralis in jedem Fall breiter und dicker als die Pars medialis.

1.4 Typ IV

Beim Typ IV (zehn Exemplare, 16 %) erfolgte die Separation des Ligamentum coracoacromiale in mehr als zwei Anteile. In acht Fällen (13 %) war die Bandstruktur dreiteilig, in zwei Fällen (3 %) konnte man sogar vier Faserbündel voneinander abgrenzen. Bei sehr breitem Band entsprangen die am weitesten medial gelegenen Züge vom Hals des Processus coracoideus.

1.5 Typ V

Der Typ V zeigte mit sieben Präparaten (11 %) eine vollständig geschlossene, dreieckige Faserplatte. Eine Abgrenzung von Bandanteilen war nicht möglich, die bei den Typen III und IV gefundenen Aussparungen existierten hier nicht.

Bei einem Präparat konnte die Zugehörigkeit nicht festgestellt werden, da das Band starke degenerative Veränderungen aufwies.

In Abbildung 8 wird die Häufigkeit der einzelnen Strukturvarianten bei allen 63 Präparaten dargestellt.

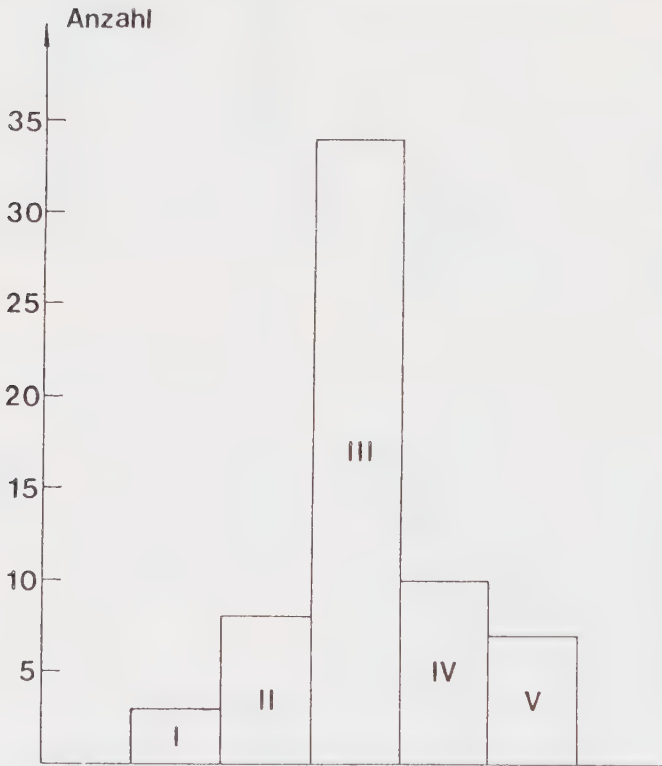


Abbildung 8: Verteilung der Präparate nach Bandtyp

Die Bandtypen verteilten sich bei den beiden Geschlechtern in ähnlicher Weise (siehe Abbildung 9). Auch eine Auswertung nach dem Lebensalter zeigte keinen auffälligen Unterschied bei der Verteilung der Formvarianten (siehe Abbildung 10).

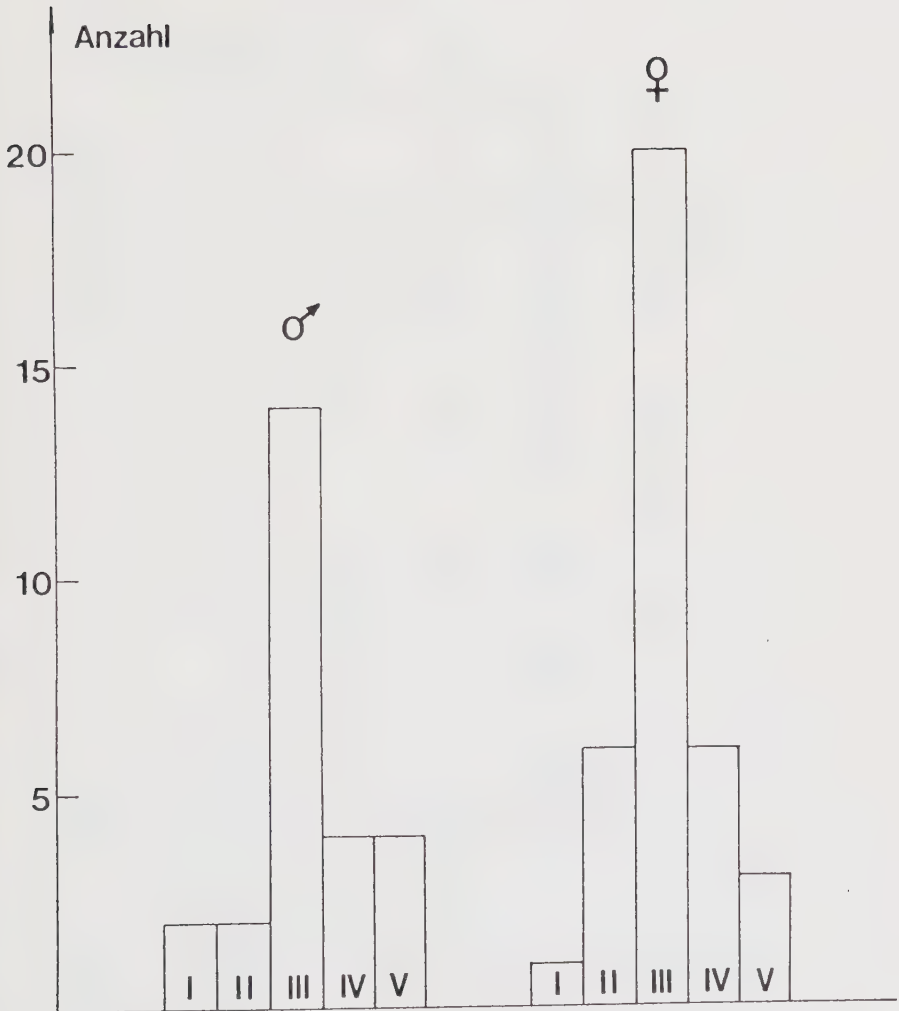


Abbildung 9: Verteilung der Präparate nach Bandtyp bei männlichen und weiblichen Individuen



Abbildung 10: Verteilung der Handtypen nach Lebensalter der Individuen.

2. Meßergebnisse

2.1 Länge und Breite des Ligamentum coracoacromiale

Zuerst wurden die Länge und die Breite (sowohl des gesamten Bandes als auch seines medialen und lateralen Anteils) des Ligamentum coracoacromiale bestimmt (siehe Tabelle I; Erklärungen zu den Strecken siehe Abbildung 3a, Seite 5).

Dabei kann man folgende Werte vergleichen:

- Länge der lateralen bzw. medialen Seite
Quotient AC/DF
- Breite am Processus coracoideus bzw. Acromion
Quotient CD/FA
- Breite der Pars lateralis bzw. Pars medialis
Quotient l/m

Der Unterschied zwischen den Strecken GC und AC zeigt, wie weit sich die Ansatzzone des Ligamentum coracoacromiale an der Unterseite des Acromions erstreckt (siehe Tabelle II).

2.2 Dicke des Ligamentum coracoacromiale

An den Punkten A B C D E F wurde die Dicke des Ligamentum coracoacromiale gemessen (siehe Tabelle III; Erklärung zu den Messpunkten siehe Abbildung 3a, Seite 5). Der Vergleich der Werte an den Meßpunkten A B C mit den Größen an ihren Bezugspunkten D E F gibt Auskunft über die unterschiedliche Dicke des Bandes lateral und medial (siehe Abbildung II).

2.3. Länge des Processus coracoideus

Tabelle IV zeigt die Länge des Processus coracoideus bei den verschiedenen Typen und gesamt.

Tabelle I: Zusammenfassung der Längen- und Breitenmessungen bei den verschiedenen Bandtypen und gesamt. Werte in mm $\pm$ einfache Standardabweichung.

	TYP I	TYP II	TYP III	TYP IV	TYP V	GESAMT
AC	36,3 $\pm$ 4,2	32,5 $\pm$ 4,9	33,7 $\pm$ 3,6	33,7 $\pm$ 3,7	34,3 $\pm$ 6,7	33,7 $\pm$ 4,2
DF	29,2 $\pm$ 2,3	34,2 $\pm$ 6,2	32,9 $\pm$ 3,7	36,1 $\pm$ 3,8	35,7 $\pm$ 4,6	33,7 $\pm$ 4,4
CD	17,7 $\pm$ 2,6	28,6 $\pm$ 5,0	33,8 $\pm$ 5,3	34,9 $\pm$ 3,0	33,7 $\pm$ 3,3	32,5 $\pm$ 5,9
FA	9,7 $\pm$ 0,5	11,5 $\pm$ 2,7	15,1 $\pm$ 4,4	14,8 $\pm$ 6,2	13,5 $\pm$ 3,2	14,2 $\pm$ 4,5
GC	50,1 $\pm$ 0,8	43,9 $\pm$ 3,6	46,3 $\pm$ 3,6	45,3 $\pm$ 3,3	48,8 $\pm$ 4,1	45,9 $\pm$ 4,7
l		9,4 $\pm$ 2,5	8,4 $\pm$ 3,5	10,6 $\pm$ 4,7		
m			4,6 $\pm$ 4,0	3,6 $\pm$ 2,9		
im				2,1 $\pm$ 1,9		

l = Breite der Pars lateralis

m = Breite der Pars medialis

im = Breite der Pars intermedius

Erklärung zu Strecken siehe Abbildung 3a.

Tabelle II: Werte für die Quotienten AC/DF; CD/FA; l/m und für den Unterschied der Strecken GC und AC bei den verschiedenen Bandtypen und gesamt.

	TYP I	TYP II	TYP III	TYP IV	TYP V	GESAMT
Quotient AC/DF	1,24	0,95	1,02	0,93	0,96	1,0
Quotient CD/FA	1,8	2,59	2,24	2,4	2,5	2,3
Quotient l/m			1,82	2,94		
(GC-AC)	13,8mm	11,4mm	12,6mm	11,6mm	14,5mm	12,2mm

Tabelle III: Zusammenfassung der Dickemessungen bei den verschiedenen Bandtypen und gesamt. Alle Werte in mm $\pm$ einfache Standardabweichung.

	TYP I	TYP II	TYP III	TYP IV	TYP V	GESAMT
A	0,9 $\pm$ 0,2	1,1 $\pm$ 0,4	1,1 $\pm$ 0,4	1,4 $\pm$ 0,4	1,3 $\pm$ 0,4	1,2 $\pm$ 0,4
B	0,9 $\pm$ 0,1	1,0 $\pm$ 0,1	0,9 $\pm$ 0,2	1,0 $\pm$ 0,1	1,0 $\pm$ 0,1	0,9 $\pm$ 0,2
C	1,1 $\pm$ 0,1	1,3 $\pm$ 0,3	1,2 $\pm$ 0,3	1,4 $\pm$ 0,4	1,1 $\pm$ 0,1	1,2 $\pm$ 0,3
D	0,5 $\pm$ 0,2	0,5 $\pm$ 0,2	0,7 $\pm$ 0,2	0,7 $\pm$ 0,2	0,7 $\pm$ 0,2	0,7 $\pm$ 0,2
E	0,7 $\pm$ 0,3	0,4 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,2	0,6 $\pm$ 0,2	0,6 $\pm$ 0,2	0,6 $\pm$ 0,2
F	0,7 $\pm$ 0,3	0,7 $\pm$ 0,3	0,9 $\pm$ 0,3	0,9 $\pm$ 0,3	1,2 $\pm$ 0,3	0,9 $\pm$ 0,3

Tabelle IV: Durchschnittliche Länge des Pc bei den verschiedenen Bandtypen und gesamt. Alle Werte in mm $\pm$ einfache Standardabweichung.

	TYP I	TYP II	TYP III	TYP IV	TYP V	GESAMT
a	51,2 $\pm$ 5,1	48,3 $\pm$ 6,1	46,9 $\pm$ 4,0	47,3 $\pm$ 3,0	49,2 $\pm$ 3,6	47,4 $\pm$ 4,4



Abbildung 11: Darstellung der gemessenen Bandstärken bei den verschiedenen Bandtypen und gesamt. Gegenüberstellung der Größen lateral - weiße Säule / und medial - schwarze Säule / an den jeweiligen Bezugspunkten A zu F; B zu E; C zu D.

3. Nebenbefunde

3.1 Degenerative Veränderungen

Bei 21 der Präparate (33 %) beobachtete ich an der Unterseite des Acromions (an seiner der Gelenkkapsel bzw. der Bursa subacromialis zugewandten Fläche) degenerative Veränderungen. Diese bestanden aus knotig verdicktem Bindegewebe mit Kalkeinlagerungen und betrafen den Ansatzbereich des Ligamentum coracoacromiale. In einem Fall war das gesamte Band von diesem Prozess mitbetroffen (siehe Abbildung 12). 13 der Präparate stammten von weiblichen, acht von männlichen Individuen. Das Durchschnittsalter betrug 80 ± 8 Jahre mit Minimum 64 und Maximum 93 Jahren, Gesamtdurchschnitt = 74 ± 11 Jahre (Abbildung 13).



Abbildung 12: Degenerative Veränderungen an der Unterseite des Acromions.



Abbildung 13: Verteilung der untersuchten Präparate gegenüber dem erreichten Lebensalter aufgetragen.

- Präparate ohne degenerative Veränderungen
- Präparate mit degenerativen Veränderungen

3.2 Durchtritt einer Arterie durch das Ligamentum coracoacromiale

In 41 Fällen, entsprechend 65 %, zog ein Gefäß mit einem Durchmesser von 0,5 bis 1 mm von ventral kommend zur kranialen Fläche des Processus coracoideus, durchbohrte dann etwa in der Mitte des Rabenschnabelfortsatzes das Ligamentum coracoacromiale und verlief weiter zur Gelenkkapsel. Es fand sich bei den verschiedenen Bandtypen in 33 % bis 80 % der Fälle (siehe Abbildung 14). Bei den Typen III und IV erfolgte der Übertritt in der Lücke zwischen den Bandanteilen. Bei neun Präparaten (14 %) war ein durch querverlaufende Bandfasern gebildeter "Arcus" über der Gefäßdurchtrittsstelle (siehe Abbildung 15) ausgebildet. Am häufigsten trat dieser Faserbogen beim Typ III auf (7 Fälle).

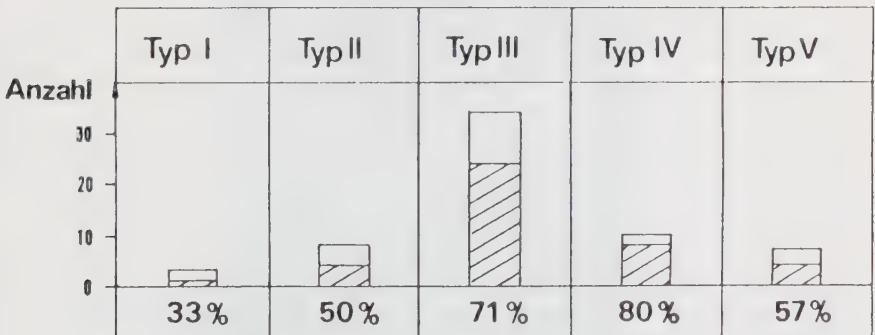


Abbildung 14: Anteil der Präparate mit Gefäßdurchtritt (schraffierter Teil der Säule) bei den verschiedenen Bandtypen mit Prozentangabe.

Die Entfernung dieses Gefäßes von der lateralen Spitze des Processus coracoideus betrug durchschnittlich 26,9 mm mit Minimum 17,3 mm und Maximum 38,8 mm. Diese Arterie gehört zu den Rami deltoidei der Arteria thoracoacromialis.

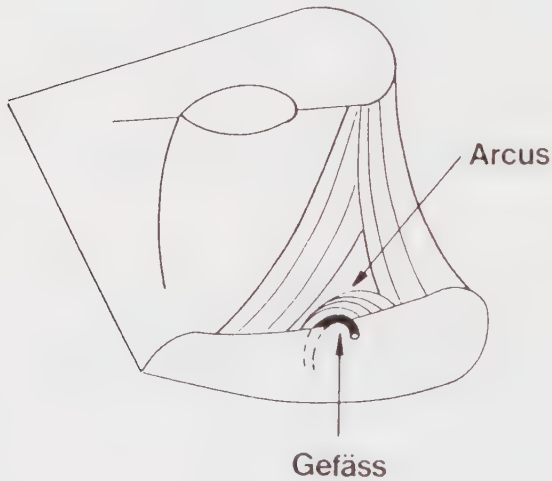


Abbildung 15: Darstellung des durch das Lc tretenden Gefäßes und des durch querverlaufende Bandfasern gebildeten "Arcus"

3.3 Variante beim Ansatz des M. pectoralis minor

In einem Fall setzte der M. pectoralis minor nicht am Processus coracoideus an, sondern die Sehne des Muskels zog über die kraniale Fläche des Rabenschnabelfortsatzes hinweg, trat zwischen dem lateralen und medialen Teil (Typ III) des Ligamentum coracoacromiale hindurch und strahlte über dem Humeruskopf in die Gelenkkapsel ein (siehe Abbildung 16). Diese Variante im Ansatz des M. pectoralis minor wird auch in "GRAY's ANATOMY" (1974) beschrieben.



Abbildung 16: Die Sehne des Musculus pectoralis minor tritt zwischen dem lateralen und dem medialen Bandanteil durch. Ansicht von oben.

IV. DISKUSSION

1. Vorkommen und Bedeutung des Ligamentum coracoacromiale bei Vertebraten

Das Ligamentum coracoacromiale spannt sich zwischen Processus coracoideus und Acromion aus und hat damit Ursprung und Ansatz am selben Knochen. Es wird deshalb auch als Eigenband des Schulterblattes bezeichnet (HENLE, 1901; BRAUS, 1921; WALDEYER, 1950). Dadurch hat es im Gegensatz zu den meisten ligamentären Strukturen des menschlichen Körpers keine gelenkstabilisierende Funktion. Trotzdem ist es verhältnismäßig stark ausgebildet; nach Untersuchungen von WASMER, HAGENA et al. (1985) ist es in seiner Stabilität mit dem lateralen Kollateralband am Knie vergleichbar. Damit stellen sich folgende Fragen:

- warum ist das Ligamentum coracoacromiale beim Menschen vorhanden?
- Welche biomechanische Bedeutung hat dieses Band?

HOFFMANN et al. (1985) versuchten in einer vergleichenden anatomischen Studie die Antworten zu finden. Nach ihren Untersuchungen ist das Ligamentum coracoacromiale bei Vertebratenspezies, die ihre vordere Extremität nur zum Gehen und Stützen benutzen und bei denen nur Extension und Flexion im Schultergelenk möglich sind, nicht ausgebildet. Solche Tiere sind Laufvögel, Säuger und niedere Affen. Vertebraten, bei denen das Ligamentum coracoacromiale vorhanden ist, müssen mit ihrer Extremität eine besondere, zusätzliche Aufgabe bewältigen, wie zum Beispiel die Haltung des Körpergewichtes bei weit lateral liegender Kraftauflage bei Reptilien, Fliegen bei Vögeln und Schwinghangeln bei Menschenaffen. So stellen die Untersucher fest, daß das Auftreten des Ligamentum coracoacromiale bei bestimmten

Arten der Vertebraten an Sonderleistungen der Extremität gebunden ist.

Zu einer ähnlichen Schlußfolgerung kommen CIOCHON und CORRUCINI in ihrer Arbeit aus dem Jahre 1977. Sie haben Schulterblätter bei 20 Primaten-Spezies (incl. Homo sapiens) untersucht, und dabei den sogenannten "coraco-acromial projection index" bestimmt. Dieser gibt an, wie weit das Schulterdach über dem Schultergelenk bzw. Humeruskopf lateral vorspringt. Bei niederen Primaten mit einem kleinen oder sogar negativen "coraco-acromial projection index" ist das Ligamentum coracoacromiale nicht ausgebildet. Dagegen sind große Werte, die bei höheren Primaten und beim Homo sapiens gefunden wurden, mit dem Vorhandensein des Bandes verbunden. Die Ursache für diese Gegebenheit liegt darin, behaupten die Untersucher, daß das weit vorspringende Schulterdach einen bei der Abduktion viel günstigeren Angriffswinkel für den M. deltoideus schafft. So erhöht sich der Freiheitsgrad für Bewegungen im Schultergelenk, und es wird möglich, mit Armen und Händen in alle Richtungen zu greifen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit haben gezeigt, daß das Ligamentum coracoacromiale bei allen 63 untersuchten Schultern vorhanden war und die Meßergebnisse (vor allem Stärkenmessung) dokumentieren die kräftige Ausbildung des Bandes beim Menschen. Da aber der menschliche Organismus mit einem "Maximum-Minimum-Prinzip" (Funktionserfüllung mit minimalem Materialaufwand; FRICK, LEONHARDT, STARCK, 1980) arbeitet, kann die feste Struktur des Ligamentum coracoacromiale nicht "Zufall" sein. So komme ich in Übereinstimmung mit den beiden oben genannten Arbeiten ACIOCHON und CORRUCINI, 1977; HOFFMANN et al., 1985 zu der Annahme, daß das Ligamentum coracoacromiale wahrscheinlich eine

"biomechanische Existenzberechtigung" hat. Diese muß aber in weiteren Untersuchungen und Experimenten bestimmt und bewiesen werden.

2. Besprechung der Ergebnisse

2.1 Anatomie des Ligamentum coracoacromiale

Der genauen Anatomie des Ligamentum coracoacromiale wurde bis jetzt wenig Beachtung geschenkt. Auch in den meisten Lehrbüchern wird das Band nicht ausführlich beschrieben. FICK (1904), BRAUS (1921) und LANZ, WACHSMUT (1959) erwähnen nur, daß es zusammen mit dem Acromion und Processus coracoideus das Schultergewölbe bildet.

HENLE (1901), WALDEYER (1950) und FRICK, LEONHARDT, STARCK (1980) sprechen in diesem Zusammenhang über ein breites, starkes Band, das die beiden Knochenvorsprünge verbindet. Bei SPALTEHOLZ (1953) wird die Form als "länglich-viereckig" angegeben. Die Ergebnisse dieser Arbeit haben aber gezeigt, daß das Ligamentum coracoacromiale bei allen 63 untersuchten Präparaten unabhängig von dem jeweiligen Bandtyp eine dreieckige Form besaß, wie es in GRAY's ANATOMY (1974) und in einer Arbeit von EULERT und GEKELER (1975) beschrieben ist.

Die Aussage von KRÄMER und SEIBEL (1983), wonach die schmalste Stelle des Bandes sich etwa in der Mitte zwischen Acromion und Processus coracoideus befindet, konnte ich nicht bestätigen. In dem vorliegenden Untersuchungsgut wies das Ligamentum coracoacromiale die geringste Breite in seinem Ansatz am Acromion auf.

Die Faserstruktur und den Faserverlauf des Ligamentum coracoacromiale betreffende Hinweise findet man auch nur vereinzelt. EULERT und GEKELER (1975) erwähnen "sehr kräftige laterale sowie mediale Verstärkungszüge". GRAY's ANATOMY (1974) schreibt, daß das Band manchmal zwei starke seitliche Schenkel und einen schwachen Mittelteil hat. Das würde der in dieser Arbeit als Typ III bezeichneten Variante entsprechen, die aber nicht nur "manchmal" vorkommt, sondern mit 54 % die am häufigsten angetroffene Art der Faserstruktur ist. Die Aufteilung des Ligamentum coracoacromiale setzt sich beim Typ IV, der mit 16 % die zweithäufigste Formvariante darstellt, in mehr als zwei Anteile fort. Der Typ II mit 13 % stellt eine Übergangsform zwischen Typ I und Typ III dar, wobei der mediale Teil nur noch schwach ausgebildet ist. Typ V (11 %) hat im Durchschnitt die gleiche Länge und Breite wie die Typen III und IV aber es finden sich keine Lücken in der Faserplatte. Ob durch diese Gegebenheit eine Verstärkung des Bandes erreicht wird, kann man anhand dieser Arbeit nicht beantworten.

Die Verteilung der Bandtypen erfolgt bei beiden Geschlechtern in ähnlicher Weise (siehe Abbildung 9).

Bei männlichen (54 %) und bei weiblichen (54 %) Individuen überwiegt der Typ III und bei den anderen Formvarianten kann man ebenfalls keine auffälligen Abweichungen beobachten. Die Auswertung nach Lebensalter zeigt keinen auffälligen Unterschied für die Verteilung (siehe Abbildung 10). Da es nicht möglich war, Informationen über Beruf, sportliche Betätigung, körperliche Verfassung, Rechts- oder Linkshändigkeit etc. der Individuen zu erfahren, kann man die Frage, ob diese Faktoren bei der Ausbildung von fünf Bandtypen eine Rolle spielen, nicht beantworten. Bei den untersuchten paarigen Präparaten (rechte und linke Seite des

gleichen Individuums) waren rechts und links immer die gleichen Strukturvarianten zu finden.

Für die pathologische Bedeutung des Ligamentum coracoacromiale in dem sogenannten "shoulder impingement syndrome" (GHOL B. HA'ERI et al., 1982) ist es von Interesse, daß in dieser Arbeit bei allen 63 Bändern ein starker und derber lateraler Teil gefunden wurde. Auch beim Typ I spannt sich das schmale, "einteilige", aber keinesfalls schwache Band weit lateral zwischen Acromion und Processus coracoideus. Damit ist die Möglichkeit für die Einklemmung der Supraspinatussehne unter dem Ligamentum coracoacromiale bei jedem Bandtyp gegeben. Nach Untersuchungen von EULERT und GEKELER (1975), TILLMANN und THOMAS (1982), KRÄMER und SEIBEL (1983) kommt dieser Fall vor allem bei Abduktion und Innenrotation des Armes vor.

2.2 Abmessungen des Ligamentum coracoacromiale

KRÄMER und SEIBEL (1983), die die Abmessungen des Ligamentum coracoacromiale bei 82 Leichpräparaten bestimmt haben, geben für die durchschnittliche Länge $28,2 \pm 2,2$ mm, für die durchschnittliche Breite (diese wurde in der Mitte des Bandes gemessen) $13,6 \pm 1,7$ mm an. Diese Werte stimmen mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit nicht überein. Meine Messungen haben für die Länge im Durchschnitt $33,7 \pm 4,2$ mm (Strecke AC) bzw. $33,7 \pm 4,4$ mm (Strecke DF) und für die Breite $14,2 \pm 4,5$ mm (am Acromion; Strecke FA) bzw. $32,5 \pm 5,9$ mm (am Processus coracoideus; Strecke CD) ergeben. Der Grund für die Unterschiede bei der Längenbestimmung liegt wahrscheinlich in der Verschiedenheit der Meßmethode. Ich maß an den Seiten, KRÄMER und SEIBEL in der Mitte des Bandes. Die Ursache für die abweichenden Größen bei der Breitenangabe ist darin zu suchen, daß das Ligamen-

tum coracoacromiale in dem vorliegenden Untersuchungsgut bei seinem Ansatz am Acromion am schmalsten war. Die beiden oben genannten Untersucher behaupten aber, daß die Stelle mit der geringsten Breite sich etwa in der Mitte zwischen Acromion und Processus coracoideus befindet.

Wenn man die Strecken AC (Länge des Ligamentum coracoacromiale lateral) und DF (Länge des Ligamentum coracoacromiale medial) vergleicht, fallen geringfügige, aber charakteristische Unterschiede bei den verschiedenen Bandtypen auf, die, wie es in Abbildung 14 veranschaulicht wird, durch die Neigung der Seiten des Bandes und die laterale Abrundung des Processus coracoideus und Acromion ausgelöst werden. Diese finden auch im Quotienten AC/DF ihren Ausdruck (siehe Tabelle II).

Der Vergleich der Breiten, Quotient CD/FA in Tabelle II, zeigt 1,8 bis 2,6fach größere Werte am Processus coracoideus im Gegensatz zu den Werten am Acromion, und dokumentiert damit die Dreiecksform des Bandes.

Der Quotient l/m (siehe Tabelle II), der durch die Gegenüberstellung der durchschnittlichen Meßgrößen für die Ausdehnung der Pars lateralis bzw. Pars medialis bei den Typen III und IV entsteht, verdeutlicht, daß der laterale Bandanteil in jedem Fall breiter ist.

Auch die Bestimmung der Banddicke an den Punkten A B C D E F zeigt, daß das Ligamentum coracoacromiale außen stärker als innen ausgebildet ist (siehe Abbildung 11).

Wenn die Theorie stimmt, daß das Ligamentum coracoacromiale eine Zuggurtung für den Processus coracoideus (WASMER et al., 1985) oder für das Acromion (PUTZ et al., 1985) darstellt, dann könnte diese Tatsache ein Hinweis dafür sein,

daß das Band in seiner Funktion lateral einer größeren Belastung ausgesetzt ist.

Wie die verhältnismäßig niedrigen Werte an den Meßstellen B und E verdeutlichen, ist das Band in der Mitte dünner als im Ursprungs- und Ansatzbereich (Punkte A C D F). Dieser Befund ist dadurch zu erklären, daß Sehnen und Bänder durch Zwischenschaltung einer chondralen Zone in den Knochen übergehen. Durch die Einlagerung des Knorpels zwischen die Kollagenfaserbündel verdickt sich das Band in diesem Bereich (COTTA, 1982; TILLMANN und THOMAS, 1982).

Der Unterschied der Strecken GC und AC ergibt die Distanz, wie weit sich die Insertionszone an der Unterseite des Acromions erstreckt. Der Gesamtdurchschnitt von 12,2 mm, fast ein Drittel der Bandlänge, zeigt die feste Verankerung des Ligamentum coracoacromiale an seinem Ansatz.

Die Meßwerte spiegeln auch zum Teil die Charakteristika der einzelnen Bandtypen wider:

- Typ I: schmales Band (CD und FA niedrig)
- Typ II: CD und FA kleiner als bei den Typen III, IV und V, D E und F zeigen die dünne Ausbildung des medialen Teiles
- Typ III, Typ IV und Typ V haben etwa die gleiche Ausdehnung und Stärke

Die Ergebnisse der Messungen dokumentieren die kräftige Ausbildung des Ligamentum coracoacromiale beim Menschen, und verstärken die Annahme, daß das Band wahrscheinlich eine biomechanische Funktion hat.

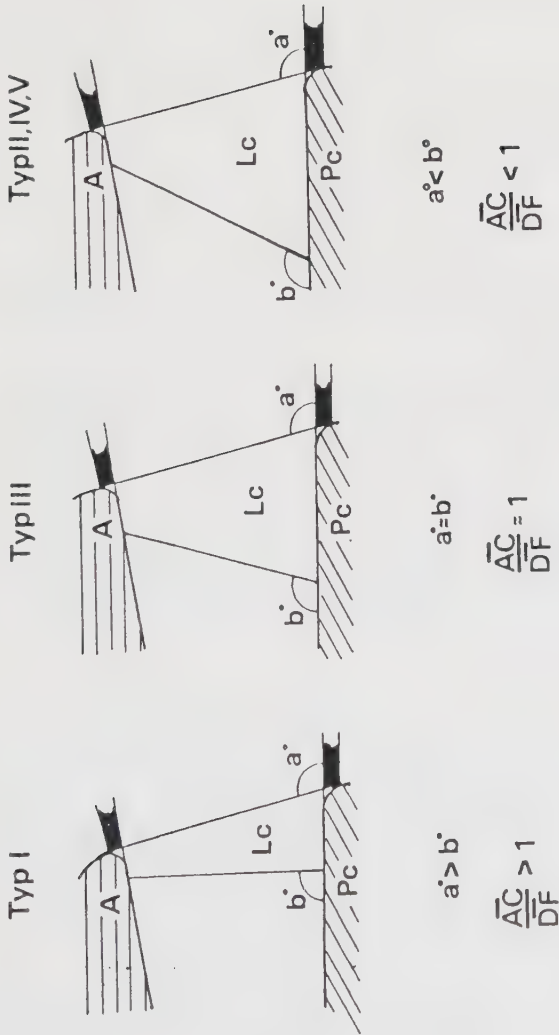


Abbildung 16: Darstellung der unterschiedlichen Neigungswinkel der lateralen und medialen Seiten bei den verschiedenen Bandtypen. Vergrößerung der lateralen Distanz durch die Abrundung des Acromions und Pc (schwarze Schneise).

a Neigungswinkel lateral
b Neigungswinkel medial
A Acromion
Lc Ligamentum coracoacromiale
Pc Processus coracoideus

2.3 Degenerative Veränderungen

Bei 33 % (21 Fälle) der untersuchten Präparate fielen degenerative Veränderungen an der kaudalen Fläche des Acromions auf. Diese wurden im ventralen und im lateralen Bereich der Acromionunterseite gefunden und betrafen damit auch die Ansatzstelle des Ligamentum coracoacromiale. Die Annahme, daß diese Befunde tatsächlich einer "Abnutzungserscheinung" entsprechen, wird durch ihre Altersverteilung unterstützt. Wie es in Abbildung 11 dargestellt wird, treten sie gehäuft bei älteren Individuen auf.

Als auslösende Pathomechanismen sind das "shoulder impingement syndrome" oder in ausgeprägten Fällen eine Rotatorenmanschettenruptur denkbar. Beim ersten kommt es zur Druckschädigung der Supraspinatussehne bei ihrer Passage unter dem Schulterdach (TILLMANN und THOMAS, 1982), die zu Kalk-einlagerungen in der Sehne, aber auch in der Bursa subacromialis führt. Durch die erhöhte Reibung ist die Möglichkeit für Gewebsschäden und die Ausbildung der degenerativen Veränderungen gegeben.

Bei der Rotatorenmanschettenruptur fehlt die axiale Hauptzugskomponente des M. supraspinatus, die den Humeruskopf in der Gelenkpfanne stabilisiert (LUCAS, 1973). Da in diesem Fall die Kranialzugskomponente des M. deltoideus überwiegt, wandert der Oberarmkopf nach oben (HILLE et al., 1985). Dies führt dann zu Schäden an der kaudalen Fläche des Acromions (BAUMGARTNER et al., 1986).

Leider konnte nicht bestimmt werden, ob bei den vorliegenden Präparaten ein "shoulder impingement syndrome" oder eine Rotatorenmanschettenruptur vorlag.

Die von NEER (1972) beschriebenen proliferativen Knochenvorsprünge an der Acromionunterfläche oder Osteophyten des Acromioclaviculargelenkes, wie von PETERSSON und GENTZ (1983) berichtet, wurden bei dieser Untersuchung nicht gefunden.

2.4 Gefäß durch das Ligamentum coracoacromiale

Ein häufiger Nebebefund (41 Fälle, 61 %) war ein Gefäß mit einem Durchmesser von 0,5 bis 1 mm, das durch das Ligamentum coracoacromiale zog. Es gehörte zu den Rami deltoidei der Arteria thoracoacromialis und seine durchschnittliche Entfernung von der lateralen Spitze des Processus coracoideus betrug 26,9 mm. Der Vergleich mit dem Mittelwert für die Länge des Rabenschnabelfortsatzes (47,4 mm) zeigt, daß das Gefäß etwa in der Mitte des Knochenvorsprunges über dessen kraniale Kante zog. In neun Fällen (14 %), etwa 1/4 aller Präparate mit Gefäß, wurde ein durch querverlaufende Bandfasern gebildeter "Arcus" (siehe Abbildung 13) über die Durchtrittsstelle gefunden. Literaturangaben zu diesem Befund sind mir nicht bekannt.

2.5 Variante beim Ansatz des M. pectoralis minor

Bei einem der Präparate war der Ansatz des M. pectoralis minor nicht am Processus coracoideus, sondern die Sehne des Muskels strahlte zwischen der Pars lateralis und der Pars medialis ziehend in die Kapsel des Schultergelenks. Ein Hinweis auf diese Variante wird in GRAY's ANATOMY (1974) gefunden.

V. ZUSAMMENFASSUNG

1. Bei 63 Leichenschultern / Lebensalter der Individuen zwischen 49 und 93 Jahren / wurde das Ligamentum coracoacromiale dargestellt und anatomisch untersucht.
2. Fünf verschiedene Formvarianten des Bandes konnten unterschieden werden.
3. Die durchschnittliche Länge, Breite und Dicke des Ligamentum coracoacromiale und seiner Bandanteile wurden bestimmt.
4. Bei 21 Präparaten (33 %) sind an der Unterseite des Acromions degenerative Veränderungen beobachtet worden.
5. In 41 Fällen (65 %) trat ein Gefäß durch das Ligamentum coracoacromiale bei seinem Ansatz am Processus coracoideus.
6. In einem Fall setzte die Sehne des M. pectoralis minor nicht am Processus coracoideus an, sondern sie zog zwischen dem lateralen und dem medialen Bandanteil zur Schultergelenkkapsel.

V. LITERATURVERZEICHNIS

- BAUMGARTNER, R.; P.E. OCHSNER; A. SCHREIBER: Checkliste Orthopädie. 2. überarbeitete Auflage, Thieme, Stuttgart 1986
- BRAUS, H.: Anatomie des Menschen. Bd. 1, Springer, Berlin 1921
- CIOCHON, R.L., R.S. CORRUCINE: The coraco-acromial ligament and projection index in man and other anthropoid primates. J. Anat. 124, 627-632 (1977)
- COTTA, H.: Orthopädie. 3. Aufl., Thieme, Stuttgart 1982
- EULERT, J.; J. GEKELER: Die Rolle des Ligamentum coraco-acromiale bei degenerativ-entzündlichen Erkrankungen der Rotatormanschette. Orthop. Praxis 11, 310-311 (1975)
- FICK, R.: Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke. Erster Teil, Verlag von Gustav Fischer, Jena 1904
- FRICK, H.; H. LEONHARDT; D. STARCK: Allgemeine Anatomie - Spezielle Anatomie. 2. Aufl., Thieme, Stuttgart 1980
- GHOL B. HA'ERI; A.M. WILEY: Shoulder Impingement Syndrome. Clinical Orthopaedics and Related Research 168, 128-132 (1982)
- GRAY, H.: Anatomy, Descriptive and Surgical. Running Press, Philadelphia 1974
- HENLE, J.: Grundriss der Anatomie des Menschen. 4. Aufl., Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig 1901
- HILLE, E.; G. ROGGELEND; K.P. SCHULITZ; S. DÖHRING: Der subacromiale Raum des Schultergelenkes - eine experimentelle Studie. 7. Münchner Symposion für exp. Orth., Thieme, Stuttgart 1985
- HOFMANN, G.O.; F.-W. HAGENA; C.J. WIRTH; E.P. WEISS: Vergleichende anatomische Studie zur Bedeutung des Ligamentum coracoacromial beim Menschen und bei den Vertebraten. 7. Münchner Symposion für exp. Orth., Thieme, Stuttgart 1985

- KRAMER, J.; R. SEIBEL: Funktionell anatomische Grundlagen zur operativen Behandlung der Periarthropathia humero scapularis. Z. Orthop. 121, 98-102 (1983)
- LANZ, T.; W. WACHSMUTH: Praktische Anatomie. 1. Bd. 2. Aufl., Springer, Berlin 1959
- NEER, C.S.: Anterior acromioplasty for the chronic impingement syndrome in the shoulder. J. Bone Joint Surg. 54A:41 (1972)
- PETERSSON, C.J.; C.F. GENTZ: Ruptures of the Supraspinatus Tendon. Clin. Orthop. 174, 143-148 (1983)
- PUTZ, R.; A. REICHELT; M. LIEBERMANN; M. v. EICHHORN: Mechanische Beanspruchung des Processus coracoideus unter verschiedenen Versuchsbedingungen. 7. Münchner Symposion für exp. Orth., Thieme, Stuttgart 1985
- SPALTEHOLZ, W.: Handatlas und Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Bd. 2. S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1953
- TILLMANN, B.; W. THOMAS: Anatomie typischer Sehnenansätze, -ursprünge und Engpässe. Orthop. Praxis 12, 910-917 (1982)
- WALDEYER, A.: Anatomie des Menschen, 2. Teil. Walter de Gruyter, Berlin 1950
- WASMER, G.; F.-W. HAGENA; M. BERGMANN; Th. MITTELMEIER: Anatomische und biomechanische Untersuchungen des Ligamentum coracoacromiale am Menschen. 7. Münchner Symposion für exp. Orth., Thieme, Stuttgart 1985

LEBENS LAUF

Am 2. Mai 1960 wurde ich als Sohn des Ingenieurs Károly Sólyomvári und seiner Ehefrau geb. Erzsébet Pozsonyi in Miskolc/Ungarn geboren. Die ersten zwei Klassen der Grundschule besuchte ich in Miskolc. Dann zog ich mit meiner Familie nach Budapest, wo ich die 3. bis 8. Klasse der Grund- und Hauptschule und die 1. Klasse des Gymnasiums absolvierte. Im Jahre 1975 verließ ich mit meiner Mutter Ungarn, wir kamen als politische Asylanten in die Bundesrepublik Deutschland.

Ich besuchte das Ungarische Gymnasium Kastl, wo ich 1980 die Allgemeine Hochschulreife erlangte. Im Wintersemester 1980/81 nahm ich an der Ludwig-Maximilians-Universität München das Studium der Humanmedizin auf. Im Februar 1985 begann ich meine Doktor-Arbeit. Nach Bestehen der zweiten Ärztlichen Prüfung absolvierte ich zwei Trimester des Praktischen Jahres an der University of Southern California in Los Angeles, USA. Während dieser Zeit heiratete ich Magdolna E. Kiss. Nach meiner Rückkehr in die BRD bestand ich die dritte Ärztliche Prüfung am 30.10.86.

DANKSAGUNG

Herrn Professor Dr. Hans Frick danke ich für die Überlassung des Themas, für die gute Betreuung der Arbeit und für die Freundlichkeit mir den Arbeitsplatz und das Präpariermaterial der Anatomischen Anstalt zur Verfügung zu stellen.

Herrn Dr. med. Stephan Deiler danke ich sehr herzlich für seine Hilfe und Unterstützung bei der Fertigstellung dieser Arbeit und für die Aufopferung seiner Freizeit, um mir mit seinem sehr wertvollen Rat beizustehen.

Mein Dank gilt auch Herrn Dr. med. G. Wasmer für die Anregung zu dieser Arbeit, für seine hilfreichen Ratschläge und für die Überlassung des photographischen Materials.

